

Beschreibung

Verfahren zur Crestfaktor-Reduzierung

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Crestfaktor-Reduzierung eines zu sendenden Datensymbols in einem Mehrträger-Datenübertragungssystem, bei dem das zu sendende Datensymbol eine Funktion einer Vielzahl von innerhalb eines vorgegebenen Datenrahmens vorgesehener Signale ist und jedes
10 dieser Signale einem Träger zugeordnet ist, wobei jeder Träger jeweils mindestens eine Frequenz aus einem Sendedatenpektrum belegt, wobei zumindest ein Träger reserviert ist, der nicht für die Datenübertragung vorgesehen ist.

15 In der modernen Telekommunikation spielt die hochbitratige Datenübertragung auf einer Teilnehmerleitung eine zunehmend größere Rolle, insbesondere deshalb, da man sich von ihr eine größer nutzbare Bandbreite der zu übertragenden Daten kombiniert mit einer bidirektionalen Datenkommunikation ver-
20 spricht.

Eine Technik, die in jüngster Zeit immer mehr an Bedeutung gewinnt, ist die sogenannte Mehrträger-Datenübertragung, die auch als "Multi-Carrier"-Übertragung, als „Discrete Multitone
25 (DMT)“ Übertragung oder als „Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)“ Übertragung bekannt ist. Eine solche Datenübertragung wird beispielsweise bei leitergebundenen Systemen, aber auch im Funkbereich, für Broadcast-Systeme und für den Zugang zu Datennetzen verwendet. Solche Systeme zur
30 Übertragung von Daten mit Mehrträgerübertragung verwenden eine Vielzahl von Trägerfrequenzen, wobei für die Datenübertragung der zu übertragende Datenstrom in viele parallele Teilströme zerlegt wird, welche im Frequenzmultiplex unabhängig voneinander übertragen werden. Diese Teilströme werden auch
35 als Einzelträger bezeichnet.

Ein Vertreter der Mehrträger-Datenübertragung ist die ADSL-Technik, wobei ADSL für „Asymmetric Digital Subscriber Line“ steht. Mit ADSL ist eine Technik bezeichnet, die die Übertragung eines hochbitratigen Bitstromes von einer Zentrale zum Teilnehmer und eines niederbitratigen, vom Teilnehmer zu einer Zentrale führenden Bitstromes erlaubt. Bei dieser Technik wird die Telekommunikationsleitung in zumindest einen Kanal für herkömmliche Telefondienste (also Sprachübertragung) und mindestens einen weiteren Kanal für die Datenübertragung unterteilt.

Wenngleich bereits sehr viele Probleme bei solchen Mehrträger-Datenübertragungssystemen wie ADSL gelöst sind, bleiben immer noch einige Probleme ungelöst.

Ein mit dieser Mehrträger-Datenübertragung einher gehendes Problem ergibt sich dadurch, dass infolge der Überlagerung sehr vieler Einzelträger sich diese kurzzeitig zu sehr hohen Spitzenwerten im Sendesignal aufaddieren können. Das Verhältnis von Spitzenwert zu Effektivwert wird als Crestfaktor, sein Quadrat als PAR (Peak to Average Ratio) bezeichnet. Speziell bei Mehrträgersystemen wie ADSL kann der Crestfaktor sehr groß - zum Beispiel größer als 6 - werden. Auch wenn diese Spitzenwerte in der sich daraus ergebenden Amplitude sehr selten und typischerweise nur für sehr kurze Zeitdauern vorhanden sind, stellen sie einen großen Nachteil der Mehrträger-Datenübertragung dar.

Ein großer Crestfaktor verursacht verschiedene Probleme im Gesamtsystem der Datenübertragung:

Die maximal mögliche Aussteuerung der Digital/Analog-Wandler und der analogen Schaltungsteile, zum Beispiel Filter und Leitungstreiber, müssen in ihrem Aussteuerbereich und ihrer Dynamik bzw. Auflösung für die maximal vorkommenden Spitzenwerte ausgelegt sein. Das bedeutet, diese Schaltungsteile müssen wesentlich größer dimensioniert sein, als die effekti-

ve Aussteuerung. Dies geht mit einer entsprechend hohen Betriebsspannung einher, was unmittelbar auch zu einer hohen Verlustleistung führt. Speziell bei Leitungstreibern, die im Allgemeinen eine nicht zu vernachlässigende Nichtlinearität aufweisen, führt dies zu einer Verzerrung des zu sendenden Signals.

Ein weiteres Problem der Datenübertragung bei hohen Crestfaktoren besteht darin, dass ein sehr hoher Spitzenwert im Sendesignal die maximal mögliche Aussteuerung überschreiten kann. In diesem Falle setzt eine Begrenzung des Sendesignals ein - man spricht hier von einem Clipping. In diesen Fällen repräsentiert das Sendesignal aber nicht mehr die ursprüngliche Sendesignalfolge, so dass es zu Übertragungsfehlern kommt.

Aus diesem Grunde besteht bei Mehrträger-Datenübertragungssystemen der Bedarf, solche Spitzenwerte weitestgehend zu unterdrücken oder zu vermeiden. Dieses Problem ist in der Literatur unter dem Begriff Crestfaktor-Reduzierung oder auch PAR-Reduzierung bekannt. Es existieren hier mehrere Lösungsansätze zur Reduzierung des Crestfaktors:

Bei einem bekannten Verfahren werden einige Träger oder Trägerfrequenzen aus dem Mehrträger-Datenübertragungssystem reserviert (typischerweise etwa 5% des Spektrums). Aus diesen reservierten Trägern wird eine Funktion im Zeitbereich mit möglichst hohem, zeitlich schmalem Spitzenwert erzeugt, die das Korrektursignal bzw. den sogenannten Kernel bildet. Iterativ wird dieser Kernel, der lediglich die reservierten Träger belegt, mit einem Amplitudenfaktor gewichtet, der proportional der Differenz von maximalem Spitzenwert und gewünschtem Maximalwert ist, und im Zeitbereich vom Sendesignal subtrahiert. Dabei wird der Kernel an die Stelle des entsprechenden Spitzenwertes des Sendesignals, der für den überhöhten Crestfaktor verantwortlich ist, zyklisch verschoben. Der Verschiebungssatz der DFT-Transformation stellt sicher, dass

auch nach der Verschiebung nur die reservierten Träger belegt werden.

In der internationalen Patentanmeldung WO 03/026240 A2 ist
5 ein auf dem vorstehend beschriebenen Verfahren aufbauendes
Verfahren beschrieben, bei dem Spitzenwerte im zu sendenden
Zeitsignal, die für einen zu hohen Crestfaktor verantwortlich
sind, durch iterative Berechnung des Korrektursignals redu-
ziert werden. Dabei findet eine Überabtastung des Eingangs-
10 signals sowie eine Modellierung der der Schaltung zur
Crestfaktor-Reduzierung nachgeschalteten Filter statt, um da-
durch eine optimale Crestfaktor-Reduzierung und damit eine
hohe Qualität der Datenübertragung zu gewährleisten .

15 Die oben beschriebenen Verfahren bauen auf der Existenz, Ma-
nipulation und iterativer Anwendung von Korrektursignalen im
Zeitbereich - den sogenannten Kernels - auf. Diese Verfahren
arbeiten lediglich im Zeitbereich und sind daher durch ihre
Schnelligkeit und geringe Komplexität gekennzeichnet.

20 Für die Mehrträgerdatenübertragung wird das zu sendende reel-
le, zeit- und wertediskrete (digitale) Signal aus einzelnen
Rahmen mit vorgegebener Zeitdauer - den sogenannten Frames -
zusammengesetzt. Jeder Rahmen enthält eine feste Anzahl von
25 Teilsignale, die das Ergebnis einer inversen Fourier-
Transformation sind und gewissermaßen die Sendedaten, die
beispielsweise über eine Telefonleitung gesendet werden sol-
len, enthalten. Diese auf einzelne Trägerfrequenzen verteil-
ten Sendedaten innerhalb eines Rahmens bilden das Datensym-
30 bol, im Falle von ADSL das ADSL-Symbol. Die letzten Werte ei-
nes jeweiligen Datensymbols werden innerhalb des Rahmens je-
weils zusätzlich vor dem zu sendenden Datensymbol eingesetzt.
Diese Werte bilden ein sogenanntes zyklisches Präfix eines zu
sendenden Datensymbols, welches im Falle von ADSL durch den
35 Standard vorgegeben ist.

Da dieses zyklische Präfix ein Abbild eines Teils des Datensymbols ist, können dort auch Spitzenwerte vorkommen. Üblicherweise ist es für die Crestfaktor-Reduzierung ausreichend, Spitzenwerte im Bereich des Datensymbols ohne Berücksichtigung dieses zyklischen Präfixes zu detektieren. Man geht hier davon aus, dass ein Spitzenwert im Bereich des zyklischen Präfixes ebenso eine korrespondierende Spitze im eigentlichen Datensymbol aufweist.

- 10 . Figur 1 zeigt eine Kennlinie mit und ohne Crestfaktor-Reduzierung. Die durchgezogene Linie (A) bezeichnet hier die Kennlinie ohne Crestfaktor-Reduzierung und die gestrichelte Linie bezeichnet eine ideale Kennlinie (B) für den Fall, dass eine Crestfaktor-Reduzierung vorgenommen wird. Es hat sich
15 allerdings gezeigt, dass diese ideale Kennlinie nicht oder zumindest sehr schwer erreichbar ist, insbesondere dann wenn für die Crestfaktor-Reduzierung eine Vielzahl von Iterationen vorgesehen sind. Vielmehr ergibt sich bei derzeit verwendeten Verfahren zur Crestfaktor-Reduzierung eine Kennlinie (C), die
20 der punktierten Linie entspricht. Diese punktierte Kennlinie (C) weicht für sehr kleine Clippingwahrscheinlichkeiten zunehmend von der idealen Kennlinie (B) ab. Problematisch daran ist, dass insbesondere für kleine Clippingwahrscheinlichkeiten sich eine Verschlechterung der Leistungsfähigkeit des
25 Verfahrens ergibt.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein leistungsfähigeres Verfahren zur Crestfaktor-Reduzierung bereitzustellen.

30

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

- Normalerweise ist es ausreichend, für die Crestfaktor-
35 Reduzierung lediglich Spitzenwerte im Bereich des Sendesymbols, also nicht im Bereich des zyklischen Präfixes, zu detektieren, da man davon ausgehen kann, dass ein Spitzenwert

im Bereich des zyklischen Präfixes ebenso eine korrespondierende Spitze im eigentlichen Datenrahmen bedingt. Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Erkenntnis zugrunde, dass bei dieser Vorgehensweise Randeffekte, das heißt Einschwingvorgänge, bei der Crestfaktor-Reduzierung vernachlässigt werden. Die Vernachlässigung zusätzlicher, durch diese Einschwingvorgänge verursachter Spitzenwerte innerhalb des zyklischen Präfix, die sich durch die sequentielle Faltung von aufeinanderfolgenden Datensymbolen mit den der Schaltung zur Crestfaktor-Reduzierung nachgeschalteten Filtern oder Filterketten ergeben, führen letztendlich zu einer Verschlechterung der Leistungsfähigkeit der Crestfaktor-Reduzierung. Dies macht sich vor allem dadurch bemerkbar, dass für kleine Clippingwahrscheinlichkeiten bzw. kleine Clippingraten sich die Kennlinie (B) für den Crestfaktor mit zunehmenden Iterationen bei der Crestfaktor-Reduzierung von der idealen Kennlinie (C) abweicht (siehe Figur 1).

Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegenden Idee besteht nun darin, dass für die Crestfaktor-Reduzierung bzw. für die Spitzenwertdetektion auch Spitzenwerte im Bereich des zyklischen Präfixes berücksichtigt werden. Es besteht dadurch zwar die Gefahr, dass durch die Reduktion eines durch Randeffekte verursachten Spitzenwertes eine künstliche Spitze im korrespondierenden Bereich des Datensymbols generiert wird. Es hat sich aber gezeigt, dass eine Berücksichtigung des zyklischen Präfixes gegenüber einem Verfahren, bei der das zyklische Präfix bei der Spitzenwertsuche nicht berücksichtigt wird, deutlich leistungsfähiger und damit qualitativ verbessert ist.

Es wurde erkannt, dass die Ursache für die Verschlechterung des Verfahrens Einschwingvorgänge (Randeffekte) sind, die bei der symbolorientierten Datenübertragung über zeitlich dispersive (streuende) Kanäle bzw. Filter immer mehr oder weniger eine Rolle spielen und daher auch berücksichtigt werden müssen. Die für die Crestfaktor-Reduzierung relevanten Ein-

schwingvorgänge hängen von der Impulsantwort des nachgeschalteten Filters bzw. Filterkette ab. Das zu sendende Datensymbol im Sendepfad weist somit nach der Filterung Einschwingvorgänge auf.

5

Indem erfindungsgemäß das zyklische Präfix bei der Spitzenwertsuche mit einbezogen wird, können die Auswirkungen dieser Einschwingvorgänge bei der Crestfaktor-Reduzierung auf ein Mindestmaß reduziert werden. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens lässt sich somit eine Crestfaktor-Kennlinie realisieren, die etwa der idealen Kennlinie (B) in Figur 1 entspricht.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung entnehmbar.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnung angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt dabei:

Figur 1 die Crestfaktor-Kennlinie im Falle einer Datenübertragung mit und ohne Crestfaktor-Reduzierung;

Figur 2 ein Blockschaltbild einer Schaltung zur Crestfaktor-Reduzierung eines Mehrträger-Übertragungssystems;

Figur 3 ein erstes Beispiel zur Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

30

Figur 4 ein zweites Beispiel zur Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figur 5 ein drittes Beispiel zur Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

35

Figur 6 ein viertes Beispiel zur Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figur 7 ein fünftes Beispiel zur Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In allen Figuren der Zeichnung sind gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente, Signale und Funktionen - sofern nichts anderes angegeben ist - gleich bezeichnet worden.

Figur 2 zeigt das Blockschaltbild einer Schaltung zur Crestfaktor-Reduzierung - nachfolgend als CF-Schaltung bezeichnet - eines Mehrträger-Übertragungssystems. In Figur 2 ist lediglich ein Abschnitt des senderseitigen Übertragungspfads 5 dargestellt, der zwischen einem nicht dargestellten Sender und einer ebenfalls nicht dargestellten Gabelschaltung, die mit der entsprechenden Telefonleitung verbunden ist, angeordnet ist.

Im Sendepfad 5 des Mehrträger-Datenübertragungssystems sind nacheinander ein IFFT-Modul 1, eine Präfix-Einheit 2, eine CF-Schaltung 3 und ein Ausgabefilter 4 angeordnet. Dem IFFT-Modul 1 wird von dem Sender ein Eingangssignal X_0 zugeführt, welches von dem IFFT-Modul 1 mittels inverser Fourier-Transformation moduliert wird. Das so modulierte Eingangssignal X , welches im Falle einer ADSL-Datenübertragung eine Abtastfrequenz von 2,208 MHz und im Falle einer ADSL+ Datenübertragung eine Abtastfrequenz von 4,416 MHz aufweist, wird einer nachgeschalteten Präfix-Einheit 2 zugeführt. Die Präfix-Einheit 2 versieht jedes Datensymbol aus dem zu sendenden IFFT-transformierten Datensignal X_0 mit einem zyklischen Präfix. Das so erzeugte modulierte und mit den zyklischen Präfixen versehene Eingangssignal X wird der nachgeschalteten CF-Schaltung 3 zugeführt. Die CF-Schaltung 3 erzeugt ein Crestfaktor reduziertes Ausgangssignal Z , welches dem nachgeschalteten Ausgabefilter 4 (bzw. der Filterkette) zugeführt wird. Nach der Filterung des Crestfaktor reduzierten Aus-

gangssignals Z gibt das Filter 4 ein Signal Z1 aus, welches nach wie vor Crestfaktor reduziert vorliegt.

Die CF-Schaltung 3 weist zu diesem Zwecke einen Modellpfad 6 auf, der parallel zu einem Abschnitt des Sendepfads 5 angeordnet ist. Der Modellpfad 6 zweigt am Eingang der CF-Schaltung 3 von dem Sendepfad 5 ab, so dass dem Modellpfad 6 ebenfalls das modulierte, mit dem Präfix versehene Eingangssignal X zugeführt wird. Am Anfang des Modellpfads 6 ist ein Überabtastblock 11 vorgesehen, der das ursprüngliche, von den Nutzerdaten gebildete Zeitsignal X L-fach, zum Beispiel 4-fach oder 2-fach, überabtastet.

Das L-fach überabgetastete Signal X' wird einem nachgeschalteten Modellfilter 12 zugeführt. Bei dem Modellfilter 12 handelt es sich um eine möglichst getreue Abbildung des der CF-Schaltung 3 nachgeschalteten Filters 4 oder Filterkette. Damit wird der Charakteristik des Filters 4 und dessen Einfluss auf das zu sendende Signal X Rechnung getragen. Es kann damit sichergestellt werden, dass, obwohl durch das Ausgabefilter 4 das Ausgangssignal Z verändert wurde und somit die Möglichkeit einer erneuten Erzeugung eines überhöhten Crestfaktors besteht, das gefilterte Ausgangssignal Z1 dennoch keine überhöhten Spitzenwerte aufweist.

Dem Modellfilter 12 ist eine Recheneinheit 13 nachgeschaltet, die aus dem überabgetasteten und gefilterten Signal Y die entsprechenden Spitzenwerte sucht sowie deren Positionen innerhalb des Rahmens bestimmt. Vorteilhafterweise ist die Recheneinheit 13 als programmgesteuerte Einheit, insbesondere als Mikroprozessor oder Mikrocontroller, ausgebildet. Die Recheneinheit 13 erzeugt im Falle eines Spitzenwertes ein Korrektursignal Y_{CF} , und zwar jeweils ein Korrektursignal Y_{CF} für den Signalpfad 5 und ein Korrektursignal Y^*_{CF} für den überabgetasteten Modellpfad 6. Die Korrektursignale Y_{CF} , Y^*_{CF} sind entsprechend der Amplitude und Position der Spitzenwerte geeignet skaliert und verschoben. Diese Korrektursignale Y_{CF} ,

Y^*_{CF} werden zum Beispiel aus dirac-ähnlichen Musterfunktionen, die zum Beispiel in einem Speicher (in Figur 2 nicht dargestellt) abgelegt sind, gebildet. Dieser Speicher kann in der Recheneinheit 13 implementiert sein oder auch gesondert ausgebildet sein.

Das Korrektursignal Y_{CF} wird der Addiereinrichtung 10 zugeführt. In der Addiereinrichtung 10 wird das Korrektursignal Y_{CF} mit dem zeitlich geeignet verzögerten Sendesignal X des Sendepfades 5 überlagert. Die Überlagerung erfolgt zum Beispiel durch Subtraktion des Korrektursignals Y_{CF} von dem entsprechenden Teil des Zeitsignals X . Das überabgetastete Korrektursignal Y^*_{CF} wird in der Addiereinrichtung 16 des Modellpfades 6 mit dem zeitlich geeignet verzögerten Signal Y überlagert.

Die Rückkopplungspfade 17, 18 im Sendepfad 5 und Modellpfad 6 sowie die entsprechenden Schalter 7, 8, 14 dienen der iterativen Behandlung der jeweiligen Signale. Dabei zeigt der Sendepfad 5 die iterative Veränderung der nicht überabgetasteten Zeitfunktion X , während der Modellpfad 6 die zugehörige Modifikation im überabgetasteten Zeitraster des Signals Y durchführt.

Für die iterative Behandlung der Eingangssignale X enthält der Sendepfad 5 einen ersten Schalter 7 (Start), einen zweiten Schalter 8 (Stop), und einen zwischen diesen Schaltern 7, 8 angeordneten Puffer 9 und Additionseinrichtung 10. Die Puffereinrichtung 9 dient der Pufferung, d.h. der Verzögerung des eingangsseitig zugeführten Zeitsignals X , um einer Zeitverzögerung im Modellpfad 6 Rechnung zu tragen, sowie der Abspeicherung der jeweiligen Zwischenwerte pro Iteration.

Für die iterative Behandlung der überabgetasteten Signale Y im Modellpfad 6 ist ein erster Schalter 14 (Start), eine Puffereinrichtung 15 sowie eine Addiereinrichtung 16 vorgesehen. Die Recheneinheit 13 führt eben das Korrektursignal Y^*_{CF} auch

der Addiereinrichtung 16 zu, in der das Korrektursignal Y^*_{CF} von dem Zeitsignal Y im Modellpfad subtrahiert wird. Es ergibt sich somit eine zweite Iterationsschleife.

- 5 Hinsichtlich des allgemeinen Aufbaus und der Funktionsweise eines in Figur 2 ausschnittsweise gezeigten Mehrträger-Datenübertragungssystems 1 und insbesondere einer CF-Schaltung 3 wird auf die bereits eingangs erwähnte WO 03/026240 A2 verwiesen, die bezüglich des Aufbaus eines Mehrträger-Datenübertragungssystems und insbesondere einer Schaltung zur Crestfaktor-Reduzierung vollinhaltlich in die vorliegende Patentanmeldung miteinbezogen wird.
- 10

- Nachfolgend soll das erfindungsgemäße Verfahren zur Crestfaktor-Reduzierung unter Einbeziehung des zyklischen Präfixes anhand der Figuren 3 bis 7 näher erläutert.
- 15

- In den Figuren 3 - 7 bezeichnen die Bezugszeichen 20 einen entsprechenden Rahmen für die Datenübertragung. Das zu sendende Datensymbol innerhalb dieses Rahmens ist mit Bezugszeichen 21 bezeichnet. Vor jedem Datensymbol 21 ist ferner ein zyklisches Präfix 22 vorgesehen. In den fünf Ausführungsbeispielen gemäß der Figuren 3 - 7 ist jeweils ein Spitzenwert 23 pro Rahmen 20 vorgesehen, der jeweils an einer unterschiedlichen Stelle innerhalb des Rahmens 20 vorhanden ist.
- 20
- 25 Zur Reduzierung dieses Spitzenwertes 23 wird erfindungsgemäß ein Korrektursignal 24 aus einer Musterkorrekturfunktion - dem sogenannten Kernel - erzeugt. Nach der Überlagerung des zu sendenden Datensymbols mit dem Korrektursignal 24, insbesondere nach der Überlagerung des Spitzenwertes 23 mit diesem Korrektursignal 24, ergibt sich ein Crestfaktor-reduzierter Spitzenwert 25.
- 30

- Der Einfachheit halber sei eine Datenübertragung gemäß dem ADSL+-Standard angenommen, das heißt sowohl für den Modellpfad 6 als auch für den Sendepfad 5 liegt keine Überabtastung vor. Die gleiche Konstellation wäre bei ADSL bei 2-facher Ü-
- 35

berabtastung gegeben. Ferner sei angenommen, dass die Anzahl der Spitzenwertkorrekturen pro Iteration auf eins begrenzt ist. Es sei angenommen, dass der gesamte Rahmen 20 1088 Abtastwerte aufweist, von denen 1024 Abtastwerte für das zu sendende Datensymbol 21 und 64 Abtastwerte für das zyklische Präfix 22 vorgesehen sind.

In den Figuren 3 - 7 bezeichnet k die Position eines Spitzenwertes 23 bzw. eines Abtastwertes bezogen auf den gesamten Rahmen 20, wohingegen k' die relative Position dieses Spitzenwertes 23 bezogen auf das Datensymbol 20, also abzüglich des zyklischen Präfixes 22, und damit die vorzunehmende zyklische Verschiebung des Korrektursignals 24 bezeichnet.

Im Ausführungsbeispiel der Figur 3 ist der Spitzenwert 23 etwa in der Mitte des Rahmens 20 sowie des entsprechenden Datensymbols 21 angeordnet. Hier ist $k = 450$ und $k' = 386$.

Im Fall der Figur 4 ist der detektierte Spitzenwert 23 am Ende ($k = 1050$) des Datenrahmens 20 bzw. des Datensymbols 21 vorhanden. Gleichzeitig ist ein korrespondierender, geringfügig kleinerer Spitzenwert 23' innerhalb des zyklischen Präfixes 22 an der Position $k = 26$ vorhanden. Die zyklische Verschiebung k' ist hier 986.

Im Fall der Figur 5 befindet sich der detektierte Spitzenwert an der Position $k = 50$ im Bereich des zyklischen Präfixes 22. Gleichzeitig ist am Ende des Rahmens 20 an der Position $k = 1074$ ein korrespondierender, geringfügig kleinerer Spitzenwert 23' vorhanden. Die zyklische Verschiebung ergibt sich hier mit $k' = 1010$.

Im Fall der Figur 6 ist der detektierte Spitzenwert 23 mit $k = 5$ unmittelbar am Anfang des zyklischen Präfixes 22 vorhanden. Dieser Spitzenwert 23 ergibt sich durch Einschwingvorgänge. An der korrespondierenden Position im Datensymbol

21 ist daher kein entsprechender Spitzenwert vorhanden. Die Verschiebung des Kernels ergibt sich hier mit $k' = 965$.

Im Ausführungsbeispiel der Figur 7 ist der detektierte Spitzenwert 23 an der Position $k = 1025$ an einer Stelle des Datensymbols 21, die einer Stelle $k = 1$ am Anfang des zyklischen Präfixes 22 entspricht. Allerdings ist an der Stelle $k = 1$ des zyklischen Präfixes 22 aufgrund von Einschwingvorgängen bzw. Randeffekten kein korrespondierender Spitzenwert vorhanden. Die Verschiebung des Kernels ergibt sich mit $k' = 961$.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann dann durch die nachfolgenden Verfahrensschritte unter Berücksichtigung der Figuren 3 - 7 beispielhaft für ADSL+ beschrieben werden:

1. Zunächst wird für jeden Datenrahmen 20 die Position eines Spitzenwertes 23 bestimmt. Für die Spitzenwertsuche wird dabei der vollständige im Modellfilter 12 des Modellpfades 6 gefilterte Datenrahmen 20, das heißt sowohl das IFFT-transformierte Datensymbol, als auch das diesem Datensymbol 21 vorangestellte zyklische Präfix 22 (siehe Teilfiguren (a)), berücksichtigt.
2. Vornahme einer Modulo-Operation, um die erforderlichen Verschiebungen des dirac-ähnlichen Signals (Kernels) zu bestimmen:

$$k' = \text{mod}(k-64, 1024) \rightarrow k' = 0 \dots 1023$$

3. Verschiebung und geeignete Skalierung des Kernels 24 (Korrektursignals) im Modellpfad (siehe Teilfiguren (b)).
4. Verschiebung und geeignete Skalierung des korrespondierenden Kernels für das Up-Date im Signalpfad (in den Figuren 3 - 7 nicht dargestellt).

5. Zyklisches Erweitern des verschobenen, skalierten Kernels, um das Korrektursignal 24, 24' für den Modellpfad zu erzeugen (siehe Teilfiguren (c)).

5

6. Zyklisches Erweitern des korrespondierenden verschobenen, skalierten Kernels, um das Korrektursignal für das Up-Date im Signalpfad zu erzeugen.

10 7. Addition des entsprechenden Korrektursignals 24, 24' mit den Datensymbolen, insbesondere den Spitzenwerten 23, 23', im Modellpfad (siehe Teilfiguren (d)) bzw. im Signalpfad zur Bildung eines Crestfaktor reduzierten Spitzenwertes 25, 25'.

15

Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

20

Insbesondere ist die Erfindung nicht auf die vorstehenden Datenübertragungssysteme und Verfahren beschränkt, sondern lässt sich zum Zwecke der Crestfaktor-Reduzierung auf sämtliche, auf Multiträger-Datenübertragung basierende Systeme und Verfahren erweitern. Insbesondere sei die Erfindung nicht auf eine ADSL-Datenübertragung beschränkt, sondern lässt sich auf sämtliche xDSL-Datenübertragungen erweitern. Denkbar sind auch mobile Anwendungen wie DAB (= Digital Audio Broadcasting) oder DVB-T (= Digital Video Broadcasting-
25 Terrestrial) oder OFDM-basierte WLAN-Anwendungen (Wireless Local Area Network).

30

In den Figuren 3 - 7 ist das zyklische Präfix jeweils am Anfang eines Rahmens angeordnet. Dieses Präfix kann jedoch zusätzlich oder alternativ auch am Ende oder an einer beliebigen Stelle innerhalb eines Rahmens angeordnet sein. Grundsätzlich kann statt eines zyklischen Präfixes auch eine be-

35

beliebig andere Redundanz, die auch nicht notwendigerweise zy-
pisch sein muss, verwendet. Beispielsweise können hier die
entsprechenden Träger auch mit Nullen belegt sein.

- 5 Auch sei die Erfindung nicht notwendigerweise auf eine 2-
fache oder 4-fache Überabtastung des zu sendenden Datensig-
nals beschränkt. Vielmehr kann auch vorgesehen sein, dass
hier keine Überabtastung, sogar eine Unterabtastung oder eine
beliebig hohe Überabtastung stattfindet.

10

Insbesondere sei die Erfindung nicht auf die vorstehenden
Zahlenangaben beschränkt, sondern lässt sich im Rahmen der
Erfindung und des fachmännischen Wissens in beliebiger Weise
abändern.

15

Es versteht sich, dass die Elemente der Schaltung zur
Crestfaktor-Reduzierung sowie die angegebenen IFFT-Module und
Filter herkömmliche Hardware-Komponenten sind, die aber auch
Softwaremäßig realisiert werden können.

20

Statt einer IFFT-Transformation lassen sich auch beliebig an-
dere, für Mehrträgerübertragung geeignete Transformationen
verwenden.

Bezugszeichenliste

	1	IFFT-Modul
	2	Präfix-Einheit
5	3	Schaltung zur Crestfaktor-Reduzierung, CF-Schaltung
	4	Ausgabefilter, Filterkette
	5	Sendepfad
	6	Modellpfad
	7	Schalter
10	8	Schalter
	9	Puffereinrichtung, Speicher
	10	Addiereinrichtung
	11	Block zur Überabtastung
	12	Modellfilter
15	13	Recheneinheit
	14	Schalter
	15	Puffereinrichtung, Speicher
	16	Addiereinrichtung
	17	Iterationspfad
20	18	Iterationspfad
	20	vorgegebener (ADSL-)Rahmen, Frame
	21	zu sendendes Datensymbol
	22	zyklisches Präfix
	23, 23'	Spitzenwerte
25	24, 24'	dirac-ähnliches Korrektursignal, Kernel
	25, 25'	Crestfaktor-reduzierter Spitzenwerte
	X0	Eingangssignal
	X	(IFFT modulierte) Eingangssignal
30	X'	(überabgetastetes, modulierte) Eingangssignal
	Y	gefiltertes Signal
	Y _{CF}	Korrektursignal für den Signalpfad
	Y* _{CF}	überabgetastetes Korrektursignal für den Modellpfad
	Z	Ausgangssignal
35	Z1	gefiltertes Ausgangssignal

Patentansprüche

1. Verfahren zur Crestfaktor-Reduzierung eines zu sendenden Datensymbols (X) in einem Mehrträger-Datenübertragungssystem, bei dem das zu sendende Datensymbol (X) eine Funktion einer Vielzahl von innerhalb eines vorgegebenen Datenrahmens (20) vorgesehener Signale ist und jedes dieser Signale einem Träger zugeordnet ist, wobei jeder Träger jeweils mindestens eine Frequenz aus einem Sendedatenspektrum belegt, wobei zumindest ein Träger reserviert ist, der nicht für die Datenübertragung vorgesehen ist, und wobei der vorgegebene Datenrahmen (20) das Datensymbol (X) und ein Präfix (22), welches aus einem Teil des Datensymbols (X) abgeleitet wird, aufweist, bei dem für die Crestfaktor-Reduzierung auch Spitzenwerte innerhalb des Präfix (22) berücksichtigt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

- (a) Bereitstellen eines Datenrahmens (20) mit einem zu sendenden Datensymbol (X) sowie einem Präfix (22);
- (b) Filtern des Datensymbols (X) einschließlich des Präfix (22) über dem Datenrahmen (20);
- (c) Überprüfen, ob die Zeitfunktion des Datensymbols (X) und des Präfix (22) innerhalb des Datenrahmens (20) zumindest einen Spitzenwert (23) aufweist, welcher betragsmäßig eine erste Schwelle überschreitet;
- (d) Bestimmen der Amplitude des jeweiligen Spitzenwertes (23) und der zugehörigen Position innerhalb des Datenrahmens (20);
- (e) Erzeugen einer Korrekturfunktion (Y_{CF}) durch Skalieren und Verschieben einer Musterkorrekturfunktion abhängig von der Amplitude und Position des Spitzenwertes (23);
- (f) Modifizieren des zu sendenden Datensymbols (X) durch Überlagern, insbesondere durch Subtrahieren, der Korrekturfunktion (Y_{CF}).

3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,
dass die Verfahrensschritte (c) - (f) solange wiederholt werden, bis das Datensymbol (X) keine Spitzenwerte (23) oberhalb einer ersten Schwelle mehr aufweist und/oder eine vorgegebene
5 Anzahl von Iterationsschritten erreicht ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Verfahrensschritte (b) - (f) solange wiederholt werden, bis das Datensymbol (X) keine Spitzenwerte (23) oberhalb
10 einer ersten Schwelle (24) mehr aufweist und/oder eine vorgegebene Anzahl von Iterationsschritten erreicht ist, wobei für das Filtern im Verfahrensschritt (b) das mit einer Korrekturfunktion modifizierte Datensymbol (X) verwendet wird.

15 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor dem Verfahrensschritt (c) ein Abtasten, insbesondere ein Überabtasten des zu sendenden Datensymbols (X) vorgenommen
20 men wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Musterkorrekturfunktion eine dirac-ähnliche Funktion
25 vorgesehen ist.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zu sendende Datensymbol (X) zumindest einen Träger
30 aufweist, der nicht für die Datenübertragung zur Verfügung steht und der für die Erzeugung einer Musterkorrekturfunktion im Zeitbereich genutzt wird, welche nach der Filterung dirac-ähnliche Eigenschaften für die Crestfaktor-Reduzierung des zu sendenden Datensymbols (X) aufweist.

35

FIG 1

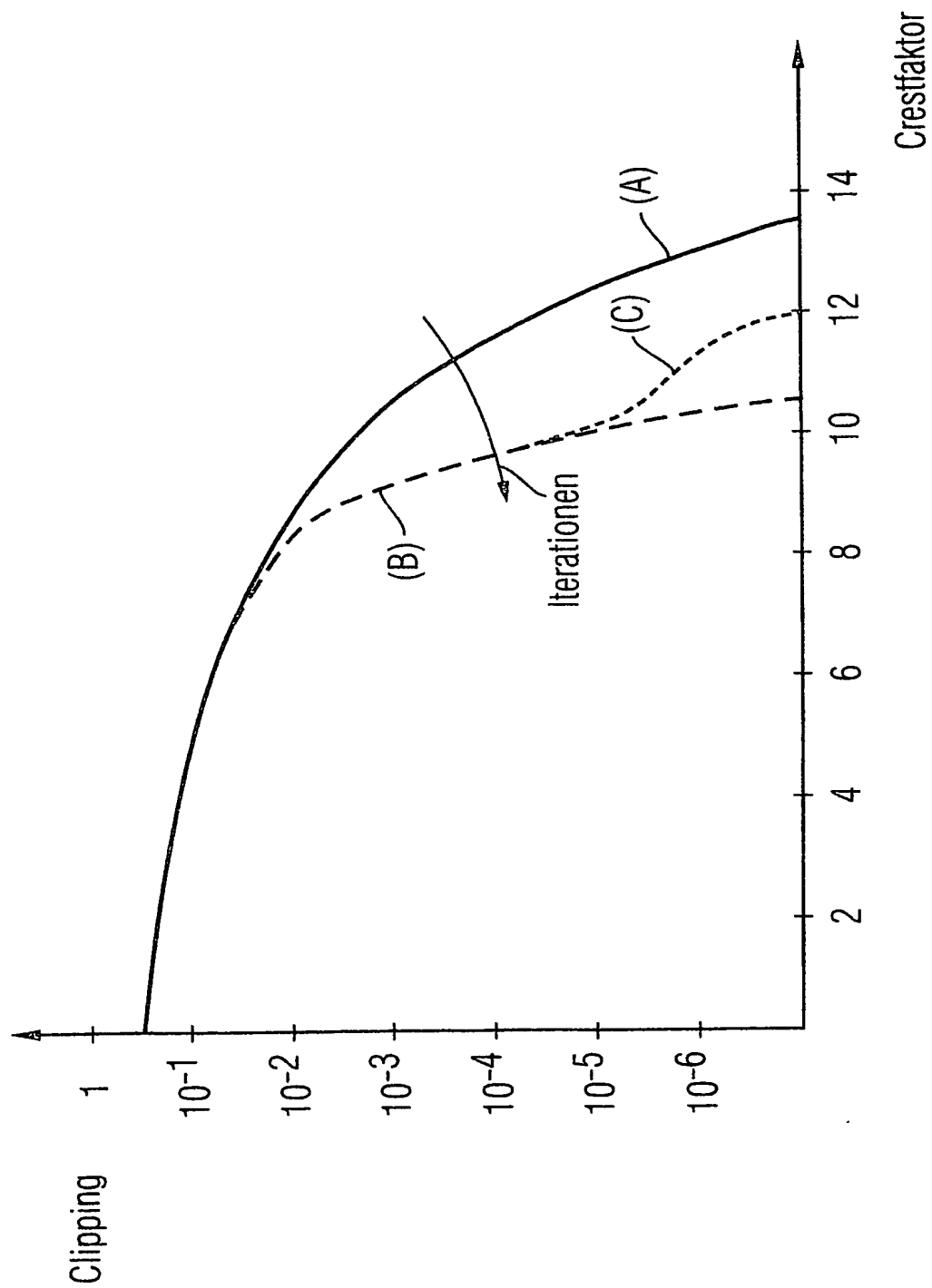


FIG 2

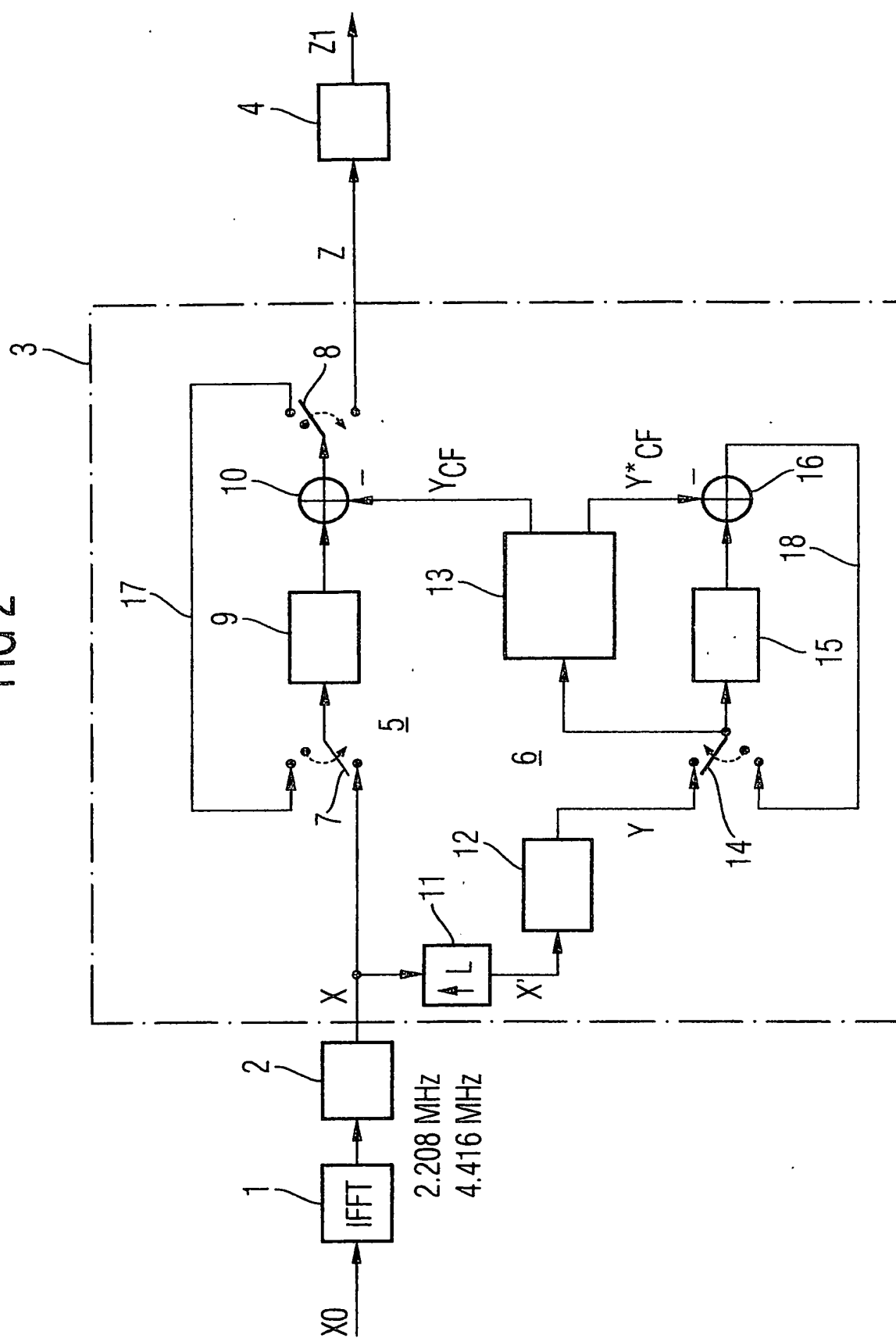
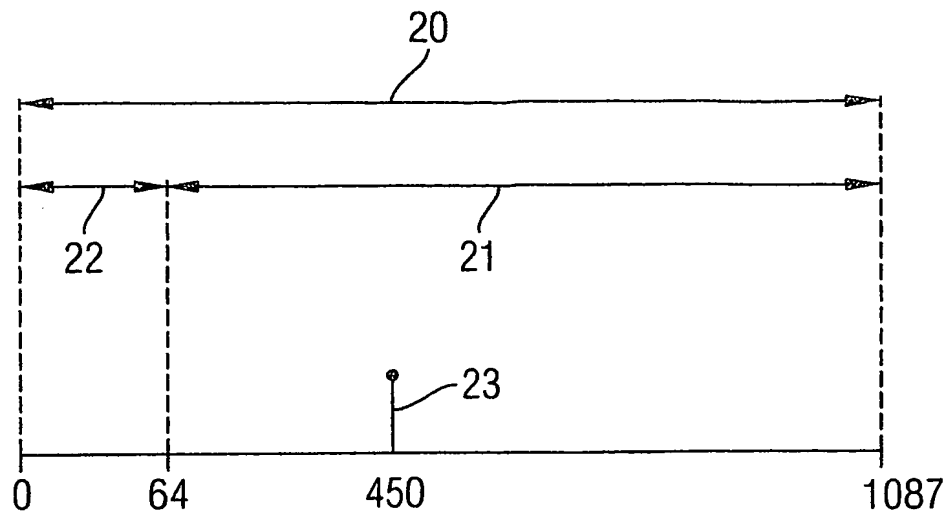


FIG 3A



$k=450$
 $k'=386$

FIG 3B

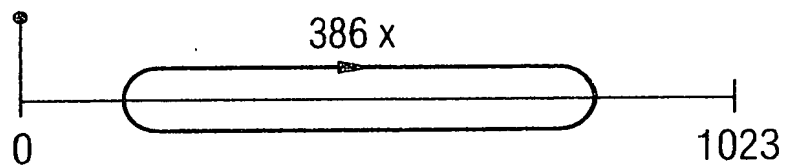


FIG 3C

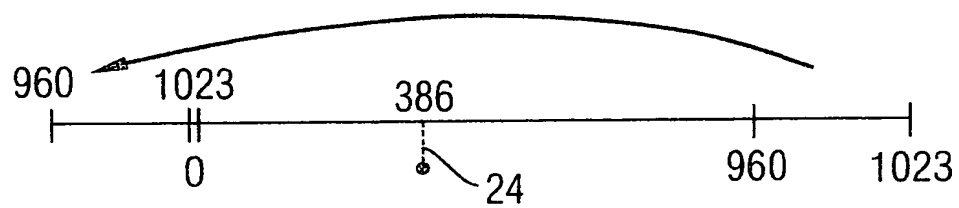


FIG 3D

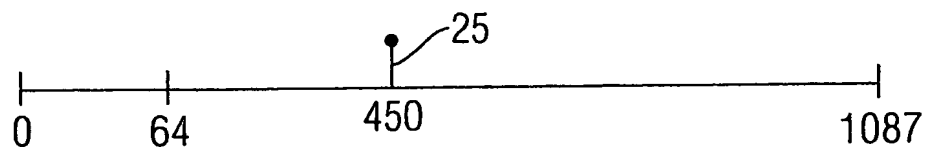


FIG 4A

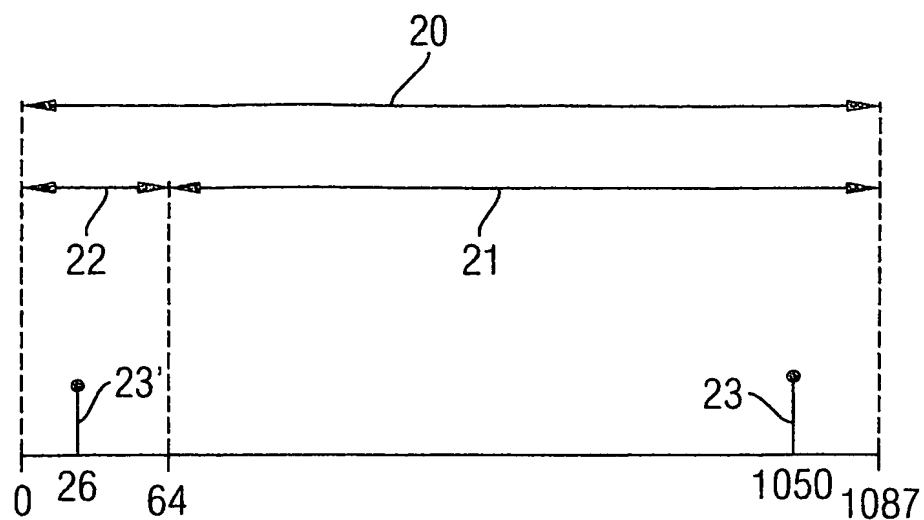


FIG 4B

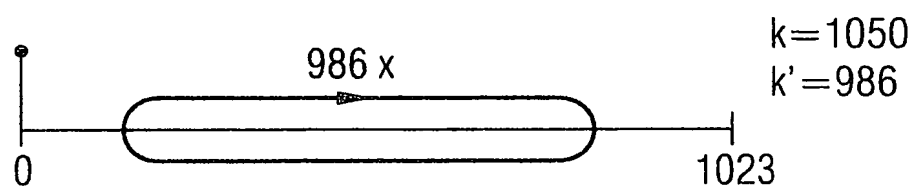


FIG 4C

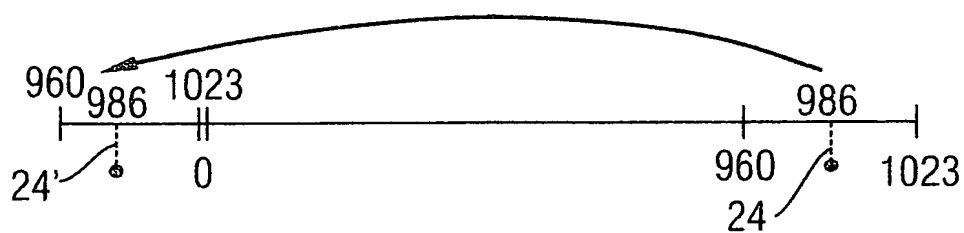


FIG 4D

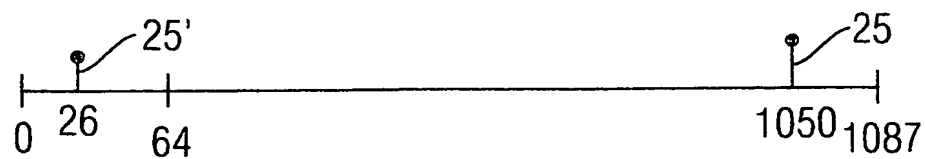


FIG 5A

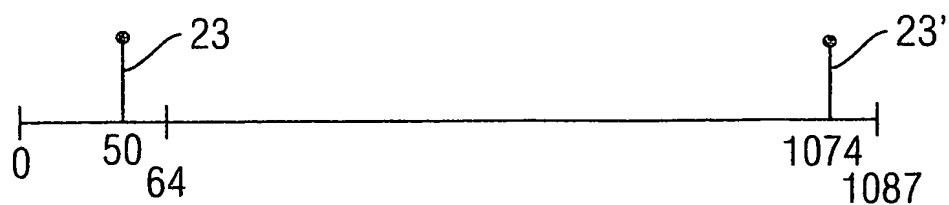


FIG 5B

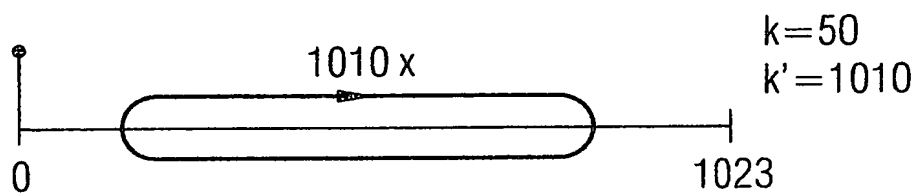


FIG 5C

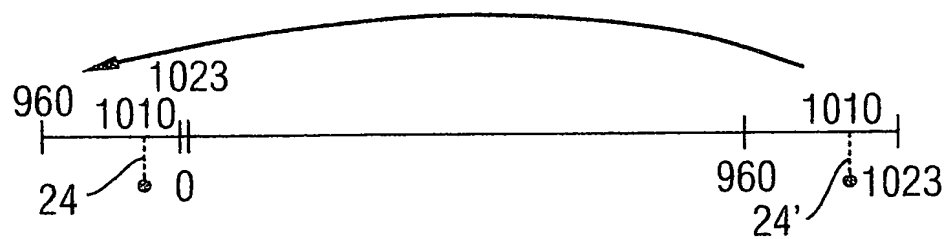


FIG 5D



FIG 6A

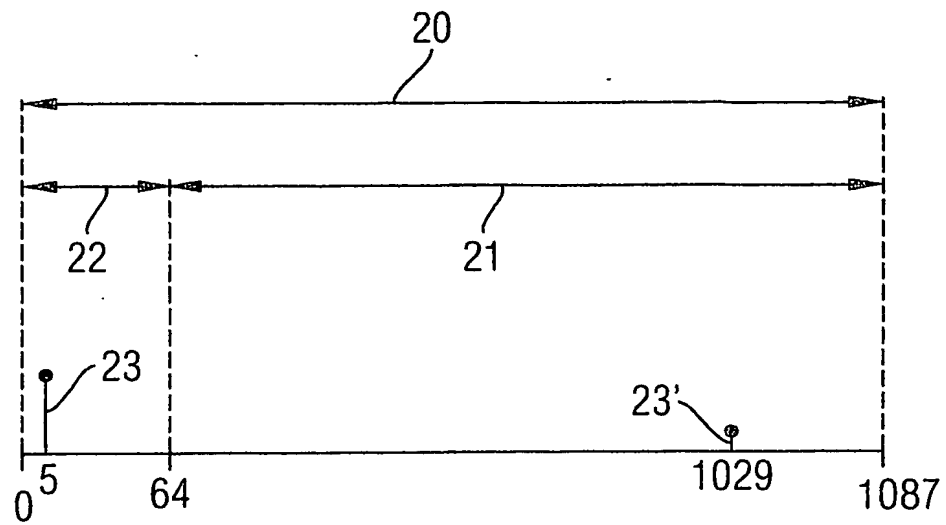
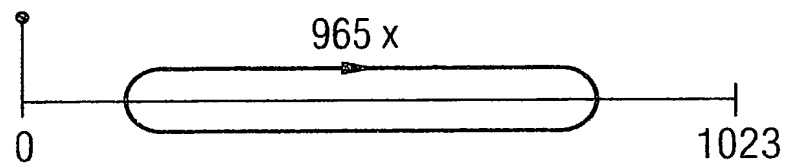


FIG 6B



$k=5$
 $k'=965$

FIG 6C

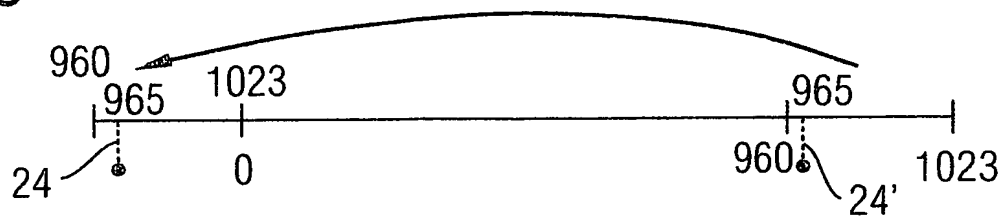


FIG 6D

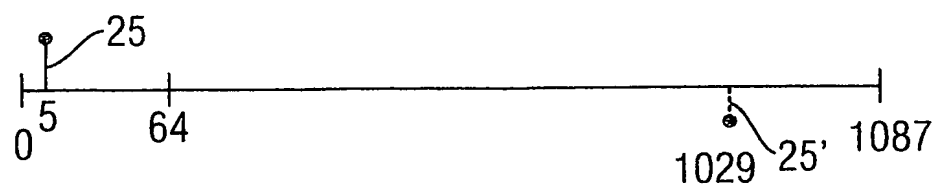


FIG 7A

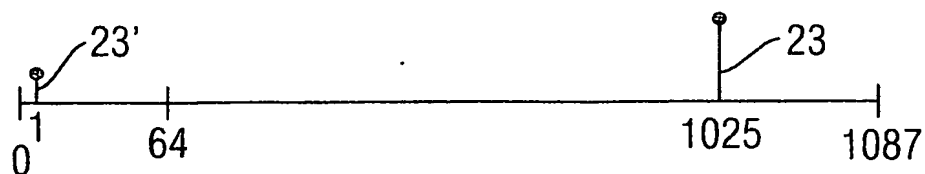


FIG 7B

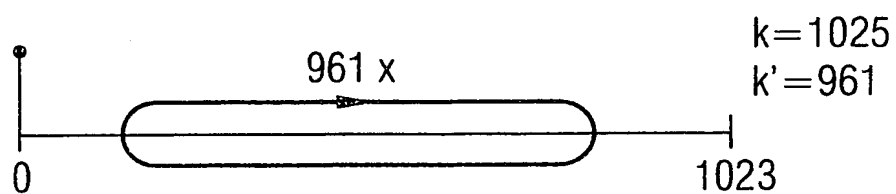


FIG 7C

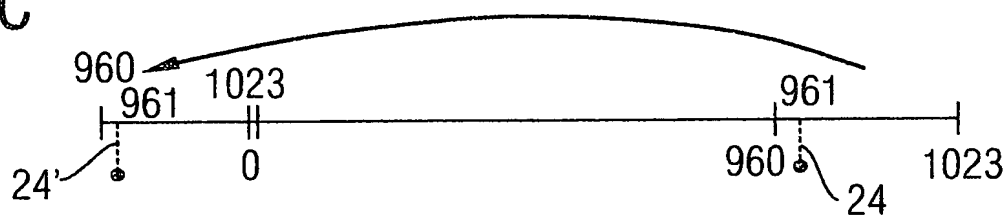


FIG 7D



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/006003

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04L27/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 03/026240 A (FORSCHUNGSZENTRUM TELEKOMMUNIKATION WIEN BETRIEBS-GHBH) 27 March 2003 (2003-03-27) cited in the application the whole document page 7, line 11 - line 14	1-7
X	HENKEL, ZRNO: "PAR reduction revisited: an extension to Tellado's method" INTERNATIONAL OFDM-WORKSHOP, 17 September 2001 (2001-09-17), pages 31.1-31.6, XP002297117 HAMBURG, DE the whole document	1-7
X	US 2002/159532 A1 (WIGHT) 31 October 2002 (2002-10-31) figure 11	1
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 September 2004

Date of mailing of the international search report

01/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Scriven, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/006003

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/196863 A1 (TAKASHI KAKU, KYOKO HIRAO) 26 December 2002 (2002-12-26) figures 7,8	1
X	US 6 175 551 B1 (AWATER) 16 January 2001 (2001-01-16) figure 2	1
X	US 2003/043895 A1 (MELSA) 6 March 2003 (2003-03-06) figure 5 paragraph '0006! paragraph '0007!	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/006003

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 03026240	A	27-03-2003	AT 411002 B WO 03026240 A2 AT 14512001 A DE 10294307 D2	25-09-2003 27-03-2003 15-01-2003 02-09-2004
US 2002159532	A1	31-10-2002	WO 03013093 A2 CA 2455277 A1 EP 1413111 A2 US 2003031268 A1 US 2002136275 A1	13-02-2003 13-02-2003 28-04-2004 13-02-2003 26-09-2002
US 2002196863	A1	26-12-2002	JP 3407253 B2 JP 2003008455 A CN 1392670 A EP 1304843 A2 TW 533685 B	19-05-2003 10-01-2003 22-01-2003 23-04-2003 21-05-2003
US 6175551	B1	16-01-2001	NONE	
US 2003043895	A1	06-03-2003	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04L27/26

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 03/026240 A (FORSCHUNGSZENTRUM TELEKOMMUNIKATION WIEN BETRIEBS-GHBH) 27. März 2003 (2003-03-27) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument Seite 7, Zeile 11 - Zeile 14	1-7
X	HENKEL, ZRNO: "PAR reduction revisited: an extension to Tellado's method" INTERNATIONAL OFDM-WORKSHOP, 17. September 2001 (2001-09-17), Seiten 31.1-31.6, XP002297117 HAMBURG, DE das ganze Dokument	1-7
X	US 2002/159532 A1 (WIGHT) 31. Oktober 2002 (2002-10-31) Abbildung 11	1
	-/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. September 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/10/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Scriven, P

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/196863 A1 (TAKASHI KAKU, KYOKO HIRAO) 26. Dezember 2002 (2002-12-26) Abbildungen 7,8 -----	1
X	US 6 175 551 B1 (AWATER) 16. Januar 2001 (2001-01-16) Abbildung 2 -----	1
X	US 2003/043895 A1 (MELSA) 6. März 2003 (2003-03-06) Abbildung 5 Absatz '0006! Absatz '0007! -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 03026240	A	27-03-2003	AT 411002 B	25-09-2003
			WO 03026240 A2	27-03-2003
			AT 14512001 A	15-01-2003
			DE 10294307 D2	02-09-2004
US 2002159532	A1	31-10-2002	WO 03013093 A2	13-02-2003
			CA 2455277 A1	13-02-2003
			EP 1413111 A2	28-04-2004
			US 2003031268 A1	13-02-2003
			US 2002136275 A1	26-09-2002
US 2002196863	A1	26-12-2002	JP 3407253 B2	19-05-2003
			JP 2003008455 A	10-01-2003
			CN 1392670 A	22-01-2003
			EP 1304843 A2	23-04-2003
			TW 533685 B	21-05-2003
US 6175551	B1	16-01-2001	KEINE	
US 2003043895	A1	06-03-2003	KEINE	